

ผลของปริมาณบิสมีทต่อสมบัติทางกลและพฤติกรรมการหดตัวของทองแดงผสมที่ไม่เจือตะกั่ว

นายันทวัฒน์ โชคชัยฐานันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF BISMUTH CONTENT ON MECHANICAL PROPERTIES AND SHRINKAGE BEHAVIOR OF
LEAD FREE COPPER ALLOY

Mr. Nunthawat Chokeyaithananan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Metallurgical Engineering

Department of Metallurgical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

501565

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของปริมาณบิสมีทต่อสมบัติทางกลและพฤติกรรมการหดตัวของ
ทองแดงผสมที่ไม่เจือตะกั่ว

โดย

นาย นันทวัฒน์ โชคชัยฐานันท์

สาขาวิชา

วิศวกรรมโลหการ


อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร. มาวิน สุประดิษฐ ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม


Professor Takateru Umeda, D.Eng.

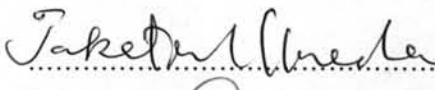
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

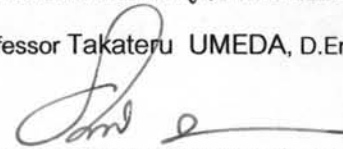

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัญศิริ)

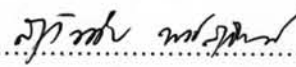
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสงค์ ศรีเจริญชัย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. มาวิน สุประดิษฐ ณ อยุธยา)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(Professor Takateru UMEDA, D.Eng.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อธิพล เตียวณิชย์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ สุวันชัย พงษ์สุกิจวัฒน์)

นันทวัฒน์ ไชคชัยฐานันท์ : ผลของปริมาณบิสมัทต่อสมบัติทางกลและพฤติกรรมการหดตัวของทองแดงผสมที่ไม่เจือตะกั่ว (EFFECT OF BISMUTH CONTENT ON MECHANICAL PROPERTIES AND SHRINKAGE BEHAVIOR OF LEAD FREE COPPER ALLOY)
 อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. มาวิน สุประดิษฐ์ ณ อยุรยา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : Professor Takateru UMEDA, D.Eng., 61หน้า.

มาตรฐานของการเจือปนของตะกั่วลงสู่น้ำของ WHO(World Health Organization)ต้องมีค่าไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อน้ำหนึ่งลิตร จากงานวิจัยที่ผ่านมาเราพบแนวทางการแก้ปัญหาอยู่ 2 ทางคือ ทางแรกคือการกำจัดตะกั่วบริเวณผิวโดยกรรมวิธีทางพื้นผิว และอีกทางคือการเติมธาตุอื่นๆ ทดแทนตะกั่ว ซึ่งตัวที่ได้รับความแพร่หลายคือ บิสมัท(Bismuth) ซึ่งจะเป็นหัวข้อหลักในการวิจัย โดยที่งานวิจัยนี้ประกอบด้วย สองกลุ่มการทดลอง กลุ่มแรกคือ กลุ่มของ การนำโลหะผสม 4.5% ดีบุก 7% สังกะสี ทองแดงมาหลอมเหลว แล้วเติม บิสมัทลงไปที 0.5%, 1%, 2%, 3%, 5% และ 7.5% เพื่อศึกษาผลของบิสมัทต่อพฤติกรรมการหดและคุณสมบัติทางกล เพื่อพิจารณาถึงการนำไปใช้ในระบบขนส่งน้ำ และเพื่อทำแบริง ส่วนอีกกลุ่มคือโลหะทองแดงผสมไม่เจือตะกั่วเชิงพาณิชย์ที่มีการผลิตในประเทศญี่ปุ่น โดยที่ชิ้นงานทั้งหมดถูกหลอมเหลวในเตาหลอมแบบเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ อุณหภูมิ 1250 °C และหลังจากทำการออกซิไดซ์ ด้วย 15% ฟอสฟอรัส - ทองแดง นำโลหะทองแดงผสมหลอมเหลว จะถูกทำการเทที่ อุณหภูมิ 1150 °C ลงในแบบหล่อ 4 ชนิด (JIS H 5120 type A, JIS 5120 type E, Tatur mold and แบบหล่อทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร ผลการทดลองปรากฏว่า คุณสมบัติทางกลสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ JIS สำหรับ โลหะทองแดงผสมเกรด CAC 406 (ค่าความเค้นแรงดึงมากกว่า 195 MPa และ ค่าการยืดตัวมากกว่า 15%) เมื่อมีปริมาณบิสมัทผสมอยู่ไม่เกิน 2.5% โดยที่เมื่อเราทำการเพิ่มปริมาณบิสมัทในโลหะทองแดงผสม ปริมาณของรูพรุนและ คุณสมบัติการกลิ้งไส้กัดเจาะ ก็เพิ่มขึ้น

ภาควิชา.....วิศวกรรมโลหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....*นันทวัฒน์ ไชคชัยฐานันท์*
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมโลหการ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Ami Raj*
 ปีการศึกษา.....2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*Takateru Umeda*

4670746721 : MAJOR METALLURGICAL ENGINEERING

KEY WORD: LEAD FREE / BISMUTH / COPPER ALLOY / CAC 406 / MACHINABILITY

NUNTAWAT CHOKECHAITHANANUN : EFFECT OF BISMUTH CONTENT ON MECHANICAL PROPERTIES AND SHRINKAGE BEHAVIOR OF LEAD FREE COPPER ALLOY. THESIS ADVISOR : MAWIN SUPRADIST NA AYUDHAYA, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR : PROFESSOR TAKATERU UMEDA, D.Eng., 61pp.

The WHO (World Health Organization) water quality standard for lead dissolution has been established to be less than or equal to 0.01 mg per one liter of water. The finding shows two countermeasures that can solve the dissolution issued. The first method is to remove lead near surface using surface treatment technology and the second method is to replace that lead with other elements among which the most commonly is used bismuth. That is a main point of this research; two types of alloys are employed for testing. The first type is Cu-4.5% Sn-7% Zn alloy ingot which is prepared with bismuth added into the alloy with 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 and 7.5% Bi. This process is done in order to investigate the effect of bismuth content, rather wider range for considering water supply and bearing usages, on shrinkage behavior and mechanical properties. Another type is that commercially available lead free alloys in Japan.

The specimens are melted in induction furnace of 50 kg capacity at 1250 °C. After deoxidation of 0.2% of 15% P-Cu alloy, the molten metal is poured at 1150 °C into 4 types of mold (JIS H 5120 type A, JIS 5120 type E, Tatur mold and 30 millimeter diameter 100 mm in length cylinder) The result shows that the Mechanical properties exceeded over the requirement of JIS CAC406 Standard are obtain when bismuth content is less than 2.5%. Increasing bismuth content yields the reduction of pipe volume while the porosity and machinability are increased.

Department.....Metallurgical.Engineering.....Student's signature.....*Nuntawat Chokechaithananun*.....

Field of study...Metallurgical.Engineering.....Advisor's signature.....*MaWin Supradist Na Ayudhaya*.....

Academic year2007..... Co-advisor's signature.....*Takateru Umeda*.....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือและคำแนะนำจากหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณในความเมตตาของ Professor Dr. Takateru UMEDA อาจารย์ ดร. มาวิน สุประดิษฐ์ ฌ อยุธา และอาจารย์ สุวันชัย พงษ์สุกิจวัฒน์ เป็นอย่างสูงที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าของท่านในการถ่ายทอดความรู้ อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ตลอดจนให้กำลังใจและคำแนะนำต่างๆ รวมทั้งให้โอกาสที่ดีแก่ข้าพเจ้าในตลอดช่วงระยะเวลาในการทำงานวิจัยชิ้นนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรม โลหการทุกท่านที่ได้อบรมให้ความรู้ทางด้านโลหะในด้านต่างๆ และบุคลากรในภาควิชา รวมทั้งเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโททุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าในด้านต่างๆ ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ข้าพเจ้ามิได้เอ่ยนามในที่นี้ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ และให้โอกาสที่ดีในชีวิตแก่ข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	4
2.1 ธาตุบิสมีท.....	4
2.2 ธาตุตะกั่ว.....	5
2.3 พฤติกรรมการหดตัวของวัสดุ.....	6
2.4 ปรีทรรศน์วรรณกรรม.....	7
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	14
3.1 วัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง.....	14
3.2 การเตรียมชิ้นงาน.....	14
3.3 ขั้นตอนการทดลอง.....	15
3.4 แนวทางการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	20

	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	21
4.1 พฤศจิกายนการหดตัว.....	22
4.1.1 การหดตัวภายใน (Pipe volume).....	22
4.1.2 การหดตัวภายนอก (External Shrinkage).....	22
4.1.3 ค่าความหนาแน่น.....	25
4.2 คุณสมบัติทางกล.....	32
4.3 คุณสมบัติการกลึงไสกัดเจาะ.....	35
4.4 โครงสร้างจุลภาค.....	36
5 สรุปผลการวิจัย.....	39
รายการอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก.....	42
ภาคผนวก ก.....	43
ภาคผนวก ข.....	53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	61

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบประปาซึ่งส่วนใหญ่เป็นโลหะทองแดงผสม ¹2
รูปที่ 2.1	แสดงแผนภูมิสมดุลระบบ ทองแดง – บิสมัท ³4
รูปที่ 2.2	แสดงแผนภูมิสมดุลระบบ ทองแดง – ตะกั่ว ⁴5
รูปที่ 2.3	แสดงการจำแนกการหดตัวใน แบบหล่อแบบ Tatur ⁵6
รูปที่ 2.4	แสดงวิธีการทำกรรมวิธีทางพื้นผิว แบบ PLSC ⁶7
รูปที่ 2.5	แสดงการกระจายตัวของสารตะกั่วบนพื้นผิวของวัสดุ.....8 ก่อนและหลังการทำกรรมวิธีแบบ PLSC ⁶
รูปที่ 2.6	แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าทดสอบแรงดึงและ ค่าการยืดตัวของโลหะผสมทองแดงแบบไม่เจือธาตุตะกั่ว.....12
รูปที่ 2.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถการไหล (Fluidity).....12 กับอุณหภูมิที่ใช้น้ำโลหะ (Pouring Temperature) ¹
รูปที่ 3.1	แสดงขั้นตอนการทำการทดลอง.....15
รูปที่ 3.2	แสดงวิธีการหาปริมาตรของวัสดุ.....16
รูปที่ 3.3	แสดงการหาปริมาตรของ Tatur mold.....17
รูปที่ 3.4	แสดงวิธีการหาค่าการหดตัวภายนอก (Pipe volume).....17
รูปที่ 3.5	แสดง Mold sand CO ₂ Type A.....16
รูปที่ 3.6	แสดง metallic mold type E.....16
รูปที่ 3.7	แสดงภาพเครื่องทดสอบ machinability.....17
รูปที่ 3.8	แสดงแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบหาค่า machinability.....19
รูปที่ 4.1	แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง pipe volume กับ ปริมาณของธาตุบิสมัท.....23 ในโลหะผสม a) Bismuth series b) Commercial c) รวมทุกกลุ่ม
รูปที่ 4.2	แสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง External Shrinkage กับปริมาณของ.....24 ธาตุบิสมัทในโลหะผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม
รูปที่ 4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นของชิ้นงานหล่อกับ26 ปริมาณธาตุบิสมัท ในโลหะผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าพหุนามกับปริมาณของบิสมัทในโลหะผสม.....29 a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม
รูปที่ 4.5	แสดงบริเวณชิ้นงานที่ถูกตัดออกมาเพื่อทำการหาค่าความหนาแน่น.....30
รูปที่ 4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นบริเวณ C และ E กับ.....31 ปริมาณธาตุบิสมัทในโลหะทองแดงผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม
รูปที่ 4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึง ค่าความเค้นจุดคราก.....33 ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวกับปริมาณของธาตุบิสมัทในโลหะทองแดงผสม a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม
รูปที่ 4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความเค้นแรงดึงกับ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว.....34 a) Bismuth series b) commercial c) รวมทุกกลุ่ม
รูปที่ 4.9	แสดงค่า Machinability Index.....35
รูปที่ 4.10	แสดงภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของกลุ่ม bismuth series ที่กำลังขยาย.....36 100 เท่า

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงส่วนผสมทางเคมีของโลหะทองแดงผสมที่ไร้สารตะกั่ว ⁴	8
ตารางที่ 2.2	แสดงส่วนผสมทางเคมีของโลหะทองแดงผสมที่ไร้สารตะกั่ว.....	9
	ในระบบ ASTM	
ตารางที่ 2.3	แสดงส่วนผสมทางเคมีของโลหะทองแดงผสม.....	9
ตารางที่ 2.4	แสดงส่วนผสมทางเคมี ของโลหะทองแดงผสมไร้ธาตุตะกั่ว.....	10
ตารางที่ 2.5	แสดงคุณสมบัติทางกลของโลหะทองแดงไร้ธาตุตะกั่ว.....	10
ตารางที่ 2.6	แสดงส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานโลหะทองแดงผสมและกรรมวิธีการผลิต ¹ ...11	
ตารางที่ 4.1	แสดงส่วนผสมทางเคมีของโลหะทองแดงผสมที่ทำการทดลอง.....	21
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าความหนาแน่นของโลหะทองแดงผสม.....	26